

# Redundanztechniken für WLAN

**VERDOPPELN FÜHRT ZU ZEHNFACHEM NUTZEN** Drahtlosen Funklösungen haftet immer noch der Makel der Störbarkeit und Unzuverlässigkeit an. Insbesondere wenn unternehmenskritische Prozesse über WLAN-Verbindungen gesteuert oder überwacht werden, stößt die drahtlose Übertragungstechnik schnell an ihre Grenzen. Durch die Verwendung von Redundanztechniken wie dem Parallel Redundancy Protocol (PRP) wird jedoch die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von drahtlosen Verbindungen deutlich erhöht.



## AUF EINEN BLICK

**REDUNDANZ DURCH PAKETVERDOPPLUNG** Insbesondere im WLAN sind Redundanzen zweckmäßig

**VIELFACHER NUTZEN** Latenz und Jitter werden ausgeglichen

**TOPOLOGIEN** Diese Technik eignet sich für alle Netzformen

Die stetige technische Weiterentwicklung und die in den letzten Jahren stark gestiegene Akzeptanz von drahtlosen Lösungen ermöglicht immer anspruchsvollere Einsatzszenarien. Jedoch stellt insbesondere die Zuverlässigkeit und die Dienstgüte der drahtlosen Verbindungen ein Problem für Anwendungen mit hohen Anforderungen bezüglich Zuverlässigkeit und Latenz dar. Insbesondere wenn sicherheitskriti-

sche Anwendungen über eine drahtlose Verbindung als sogenannter Black Channel geführt werden oder eine hohe Verfügbarkeit trotz widriger Umstände gefordert wird, stößt die Technik an ihre Grenzen. Beispiele für solche kritische Anwendungen sind Videosysteme in wichtigen Funktionen wie etwa der Innenraumüberwachung von Seilbahnen und Zügen oder die Steuerung von Produktionsabläufen, die sensibel auf Un-

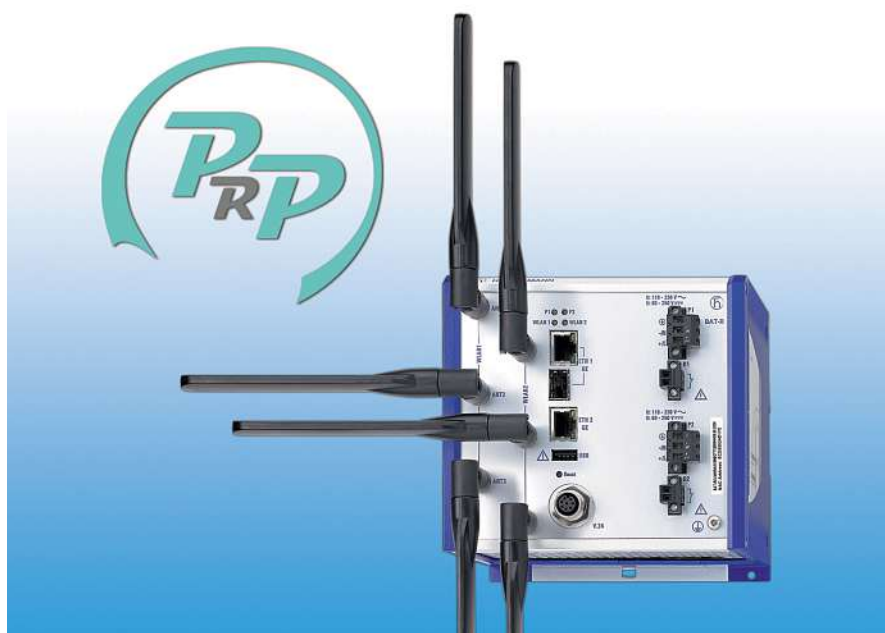
terbrechungen, Verzögerungen und Verluste von Datenpaketen reagieren. Diese Netzwerkeffekte können schnell zu schwerwiegenden Problemen (z.B. einer Überführung einer Anlage in den Sicherheitszustand und damit Stillstand) und so zu hohen Folgekosten führen.

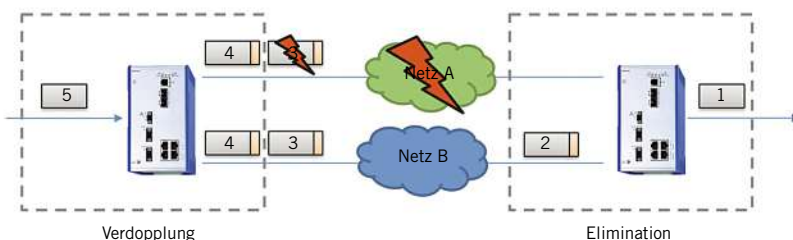
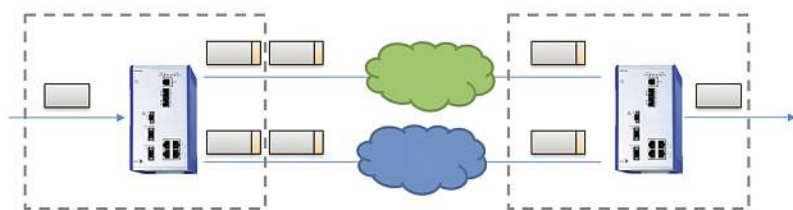
## Das Parallel Redundancy Protocol

Im Ethernet-Umfeld (z.B. im industriellen Umfeld) haben sich eine Vielzahl an Redundanztechniken (Ersatzwegfunktionen) etabliert, die auch beim Ausfall einzelner Verbindungen für einen reibungslosen Weiterbetrieb des Netzwerkes sorgen. Auch in drahtlosen Anwendungen lassen sich einige dieser Redundanztechniken anwenden, um die Verfügbarkeit und Dienstgüte der Verbindungen deutlich zu erhöhen.

Im kabelgebundenen Umfeld wird zunehmend das standardisierte PRP nach IEC62439 (Parallel Redundancy Protocol, Protokoll mit Unterstützung eines Ersatzwegs im Datennetz) eingesetzt, um eine stoßfreie Redundanz (verlustfreies Umschalten ohne jegliche Verzögerung) beim Ausfall einer Netzwerkstrecke oder eines Geräts zu ermöglichen. Um dies zu erreichen, werden die Anwendungspakete (Nutzdaten) dupliziert und parallel auf zwei unterschiedlichen Pfaden übertragen. Vor der Auslieferung der verdoppelten Pakete werden diese an einem Punkt wieder zusammengeführt und die Duplikate entfernt.

Sollte ein Pfad (Übertragungsweg) ausfallen, kommen die Pakete des anderen Pfades weiterhin an. Die Anwendung kann so trotz einer schwerwiegenden Störung im Netzwerk fehlerfrei weiter arbeiten (**Bilder 1 und 2** zeigen die Funktionsweise von Parallel Redundancy Protocol).





Quelle: Belden

**Bild 2:** PRP im Falle eines gestörten Netzwerkes: Ohne Umschaltzeiten werden die Pakete des zweiten Netzwerkpfades verwendet

Auch im drahtlosen Umfeld lässt sich dieses Redundanzprotokoll sehr gut einsetzen, jedoch stellt sich die Wirkung trotz gleicher Methode auf ganz andere Weise dar als im drahtgebundenen Fall. Denn die parallele Redundanz kann dazu verwendet werden, um die prinzipbedingten Störungen (z. B. Interferenz, Überlagerung von unterschiedlichen Trägerfrequenzen) in einem drahtlosen Netzwerk auszugleichen. Um dies zu erreichen, werden die Pakete mit PRP auf zwei unterschiedlichen Funkstrecken zeitgleich übertragen (**Bild 3** zeigt die Funktionsweise von PRP über zwei drahtlose Funkstrecken). Dadurch lässt sich eine Störung der Übertragung auf einer Strecke durch die parallele Übertragung auf einer anderen kompensieren. Mit anderen Worten: Unkorrelierte Paketverluste lassen sich durch diese Technik ausgleichen.

Obwohl sowohl im drahtlosen, als auch im drahtgebundenen Fall die verwendeten Mechanismen (Paketverdopplung und Elimina-

tion) identisch sind, ist die erzielte Wirkung im drahtlosen Fall eine andere. Während beim Einsatz von Redundanzprotokollen im drahtgebundenen Fall eine stoßfreie Umschaltung zwischen zwei Netzwerken erfolgt, bietet die Verwendung von PRP im kabellosen Umfeld gleich mehrere, unterschiedliche Vorteile:

- Kompensation von einzelnen Paketverlusten bei zeitlich begrenzten Störungen wie sie z. B. durch Interferenz von anderen Funksystemen verursacht werden. Dies führt zu einer deutlichen Erhöhung der Zuverlässigkeit.
- Verringerung der Latenz (Übertragungsverzögerung, bekannt auch unter dem Begriff Delay), da stets das schnellere der beiden Pakete weitergeleitet wird.
- Verringerung der Laufzeitschwankungen (Jitter, Schwankungen der Bitrate), da wie bei b) lange Verzögerungen durch ein belegtes Medium oder durch Neuübertragungen auf der Netzwerkschicht 2 ausgeglichen werden.



INFOS

### Fachbeiträge zum Thema

Hyperring sorgt für Sicherheit

»de« 20.2011 – S. 56

Redundanzen im Netz

»de« 10.2009 – S. 58

### Nutzen in der Praxis

Der Nutzen von PRP lässt sich anhand eines einfachen Rechenbeispiels verdeutlichen:

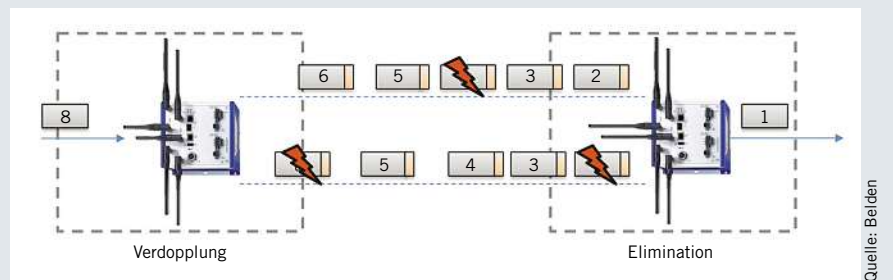
Typische Verlustraten in WLAN-Netzen liegen bei etwa 1,5%. Angenommen die Verlustrate auf beiden Strecken wäre identisch, so liegt die Rate des PRP-Gesamtsystems

bei nur 0,022 % ( $0,01 \times 0,01 = 0,00022$ ) – ein um mehr als 40-fach besserer Wert.

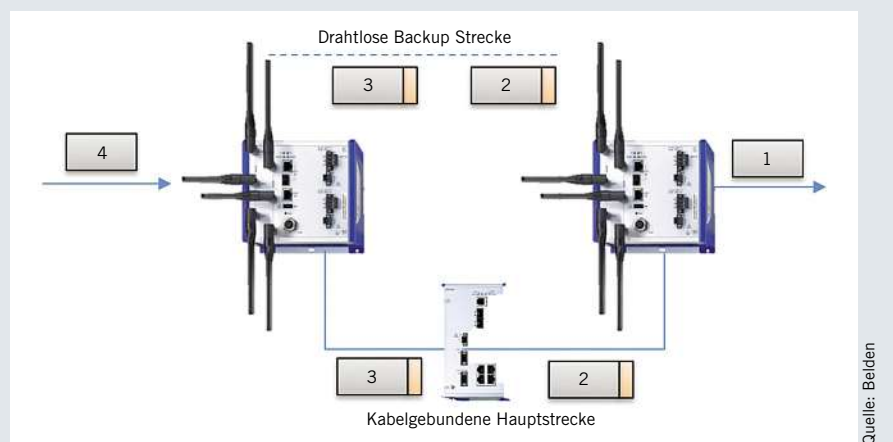
Diese Berechnung geht jedoch davon aus, dass Verluste gleichmäßig verteilt und unkorreliert sind (keinen festen Bezug zueinander haben). Um dies in der Praxis zu erreichen, ist es notwendig, Einflussfaktoren auszuschließen, die beide Funkkanäle gleichermaßen beeinflussen. Zu diesem Zweck können beide Strecken in verschiedenen Frequenzen oder Frequenzbändern betrieben werden, sodass eine konkurrierende

Funkübertragung oder andere Umwelteinflüsse nicht beide Strecken gleichzeitig beeinflussen können.

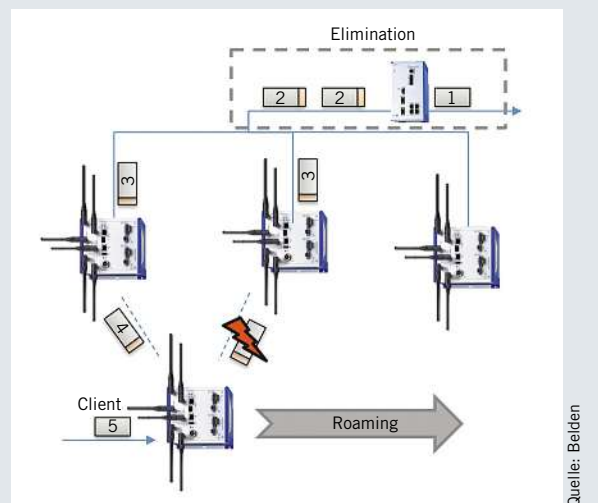
Darüber hinaus müssen auch weitere Effekte, welche die Eigenschaft der Unkorreliertheit und Gleichverteilung der Störungen beeinflussen, minimiert werden. So kann z. B. eine dauerhafte Überlastsituation einer Verbindung zum Verwerfen von vielen Paketen führen, was die Verlustrate dieser Verbindung in die Höhe treibt und damit zugleich die kombinierte Verlustrate maßgeblich ver-



**Bild 3:** PRP über zwei WLAN Funkstrecken: Die redundante Übertragung kompensiert Paketverluste und gleicht last- und störungsbedingte Laufzeitunterschiede aus



**Bild 4:** PRP erlaubt es sowohl drahtlose wie auch drahtgebundene Strecken als redundante Pfade zu verwenden, was vielfältige Netzwerktopologien ermöglicht. Hier zu sehen ist eine kabelgebundene Strecke mit einer drahtlosen Backup-Strecke



**Bild 5:** PRP in einem WLAN-Netz, das aus mehreren Access Points und einem Client besteht. Die Elimination wird an zentraler Stelle durch einen PRP-fähigen Switch durchgeführt

schlechtert. Auch in der Realität lassen sich diese drastischen Verbesserungen realisieren. In praktischen Testaufbauten konnte der für die Anwendung wahrnehmbare Paketverlust mit PRP von 3,3 % und 2,3 % für die Einzelverbindungen auf 0,05 % mit einer parallel redundanten PRP-Verbindung reduziert werden – eine etwa 60-fache Verbesserung.

Ein weiterer positiver Effekt beim Einsatz von PRP ist, dass die Netzwerklatenz und die Laufzeitunterschiede, also der Jitter, im Netzwerk deutlich zurückgeht. In der Praxis lässt sich in obigem Beispiel ein Rückgang der durchschnittlichen Latenz von 5,4 ms bzw. 4,8 ms auf 3,2 ms und ein Rückgang der maximalen Latenz von 135 ms auf 67 ms beobachten. Ebenso verringert sich der Jitter-Wert von 0,31 ms auf 0,27 ms. Der Grund für die Verbesserung dieser Metriken ist, dass durch PRP stets das schnellere der beiden Pakete weitergeleitet wird. Ausreißerpakete mit langen Übertragungszeiten, wie sie bei WLAN durch das geteilte Medium und den nicht-deterministischen Kanalzugriff die Regel sind, lassen sich so weitgehend eliminieren (deterministisch: bedeutet, dass der Kanalzugriff gezielt erfolgt). So ist es möglich, mit PRP drei der bedeutendsten Qualitätsindikatoren eines Netzwerkes (Verlustrate, Jitter und Übertragungszeit) wesentlich zu verbessern.

## Topologien und Einsatzgebiete

PRP stellt zwar bereits in der oben beschriebenen redundanten Absicherung einer ein-

zelnen Funkstrecke eine deutliche Verbesserung dar, jedoch zeigt sich vor allem bei komplexeren Netzwerkstrukturen die Flexibilität dieser standardisierten und nicht auf drahtlose Strecken begrenzten Lösung. Zwar bieten auch proprietäre (nicht genormte) WLAN-Redundanzlösungen Leistungsverbesserungen bei der Übertragung, jedoch sind diese stets auf eine einzelne Funkstrecke fokussiert. PRP hingegen ermöglicht es, komplexere Szenarien aus Funk- und Ethernetverbindungen sowie mobile Applikationen mit roamenden PRP-Geräten zu realisieren. **Bild 4** zeigt ein Szenario, in dem PRP über eine kabelgebundene und eine drahtlose Strecke verwendet wird. In Anwendungen mit schwierigen Rahmenbedingungen (z. B. beweglichen Teilen oder hohen Temperaturen) lässt sich so die Funkstrecke als umschaltfreie Backup-Verbindung zur Kabelstrecke verwenden. Beim Einsatz proprietärer WLAN-Redundanzlösungen ist eine solche Mischung dagegen nicht möglich.

**Bild 5** zeigt die Anwendung von PRP in einem mobilen Szenario: Ein Dual-Radio Client (z. B. auf einer beweglichen Maschine oder einem Zug) fährt entlang einer Strecke mit mehreren Access Points. Der Client ist in der Lage, zwei Verbindungen gleichzeitig zu betreiben, sodass eine Absicherung über PRP möglich ist.

Der Client kann darüber hinaus die redundanten Verbindungen zu verschiedenen Access Points entlang der Strecke aufbauen und sich so von Access Point zu Access Point »hangeln«, während stets eine der beiden PRP-Verbindungen aktiv bleibt. So können Roaming-Unterbrechungen umschaltfrei vermieden werden. Wichtig bei diesem Szenario ist wieder, dass PRP nicht auf den drahtlosen Kanal begrenzt ist, da die ver-

schiedenen WLAN-Verbindungen über mehrere Access Points verlaufen, die auf unterschiedliche Weise ins Netz eingebunden sein können. Daher ist es nötig, die verdoppelten Pakete an einem zentralen Punkt im Netzwerk zu eliminieren (löschen), was nur mit einer standardisierten und WLAN-unabhängigen Methode möglich ist.

Mit besonderen Switches bieten Belden und Hirschmann ein abgestimmtes Angebot aus PRP-fähigen Geräten, mit denen es möglich ist, die zuvor beschriebenen Lösungen zu verwirklichen. Zudem verfügt Hirschmann mit der OpenBAT-Serie über industrielle 802.11n dual-radio Access Points und Clients für den Rail- und Outdoor-Einsatz. Diese Produkte unterstützen PRP ab dem nächsten OpenBAT-Firmware-Release (HiL-COS 8.90), das ab dem ersten Quartal 2014 zur Verfügung steht.

## Fazit

PRP als standardisierte Redundanzlösung eignet sich hervorragend, um die Schwächen von drahtlosen Verbindungen bezüglich ihrer Zuverlässigkeit und Dienstgüte gezielt zu verbessern. Darüber hinaus ermöglicht PRP vielfältige Netzwerktopologien aus drahtlosen und drahtgebundenen Verbindungen abzusichern. Dies erlaubt es, verlust- und latenzsensitive Anwendungen über drahtlose Verbindungen zu betreiben.

## AUTOR

**Dr. rer. nat. Dipl.-Inf. Tobias Heer**  
Hirschmann Automation and Control GmbH,  
Neckartenzlingen